

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА *AEGILOPS SPELTOIDES* ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПШЕНИЦЫ ОТ БУРОЙ И СТЕБЛЕВОЙ РЖАВЧИНЫ

Л. Я. Плотникова, В. Е. Пожерукова, В. В. Кнауб, С. В. Луняк

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина
Омск, Россия, vv.knaub06.06.01@omgau.org

В последние годы усиливается поражение мягкой пшеницы ржавчинными болезнями. Для определения перспектив использования в селекции генетического материала вида *Aegilops speltoides* Tausch было оценено развитие бурой и стеблевой ржавчины на наборе образцов пшеницы с известными и не идентифицированными генами *Lr* и *Sr*. Оценки, проведенные на юге Западной Сибири в 2019-2020 гг., показали, что к двум болезням были устойчивы линии с известными генами TcLr28, ANK-39 (A, D, E, *LrSp*), сорт Pavon (*Lr47*), а также линии серии Од (Од 35-1, Од 35-89, Од 210-90) с не идентифицированными генами. Данные образцы представляют интерес для групповой защиты пшеницы от ржавчинных болезней.

Ключевые слова: *Triticum aestivum*; *Aegilops speltoides*; интрогрессивные линии; бурая ржавчина; стеблевая ржавчина; устойчивость.

PROSPECTS FOR USING THE GENETIC MATERIAL OF *AEGILOPS SPELTOIDES* TO PROTECT COMMON WHEAT FROM LEAF AND STEM RUSTS

L. Ya. Plotnikova, V. E. Pozherukova, V. V. Knaub, S. V. Lunyak

Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin
Omsk, Russia, vv.knaub06.06.01@omgau.org

In recent years, the defeat of common wheat by rust diseases has increased. To determine the prospects for using the genetic material of the species *Aegilops speltoides* Tausch in breeding, the development of leaf and stem rust was evaluated on a set of wheat samples with known and unidentified *Lr* and *Sr* genes. Estimations performed in the south of Western Siberia in 2019-2020 showed that resistance to two diseases was shown by lines with known genes TcLr28, ANK-39 (A, D, E, *LrSp*), cv. Pavon (*Lr47*), as well as lines of the Od series (Od 35-1, Od 35-89, Od 210-90) with unidentified genes. These samples are of interest for the group defense of wheat from rust diseases.

Key words: *Triticum aestivum*; *Aegilops speltoides*; introgressive lines; brown rust; stem rust; resistance.

Мягкая пшеница *Triticum aestivum* L. относится к наиболее распространенным зерновым культурам мира. Пшеницу способны поражать три вида ржавчины: бурая, стеблевая и желтая, вызываемые патогенными грибами *Puccinia triticina* Erikss. (Ptr), *P. graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn. (Pgt) и *P. striiformis* f. sp. *tritici* West. В последние десятилетия в мире резко усилилась вредоносность стеблевой ржавчины. Поражение посевов культуры в мире долгое время (с 1960-х гг.) блокировалась или значительно ограничивалась за счет широкого распространения сортов с высоко эффективным геном устойчивости *Sr31* от ржи посевной *Secale cereale*. Однако этот ген потерял свою эффективность после появления в Уганде в 1998 г. расы Ug99, а также широкого распространения её биотипов в Африке, Европе и Америке [1]. За последние 20 лет стеблевая ржавчина вновь стала серьезной угрозой для производства пшеницы в мире. В России стеблевая ржавчина на посевах пшеницы до 2007 г. встречалась редко, но с

2014 г. наблюдается ежегодно. В 2015 г. отмечена эпифитотия этого заболевания в Северном Казахстане и Западной Сибири [2, 3]. Развитие болезни приводит к существенному снижению урожайности и качества зерна пшеницы [4].

Общепризнанным способом защиты растений является широкое использование устойчивых сортов. Для перспективной защиты культур необходима информация об источниках и генах устойчивости к болезням. Как правило, для защиты пшеницы используют гены резистентности родственных видов злаков. В последние годы большое внимание уделяют включению в сорта генов рода *Aegilops* [5]. Вид *Aegilops speltoides* Tausch ($2n = 2x = 14$, геном SS) считается перспективным источником генов устойчивости к заболеваниям пшеницы [6]. Благодаря тому, что *Ae. speltoides* послужил донором генома *B* в ходе эволюции мягкой пшеницы, возможен относительно быстрый перенос его генов в виде транслокаций. Известно, что некоторые чужеродные транслокации могут нести набор генов резистентности к разным болезням. В частности, транслокации с генами устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине *Lr19/Sr25*, *Lr24/Sr24* были переданы от *Agropyron elongatum* (Genetic Database <http://www.shigen.nig.ac.jp>). В связи с этим представляет интерес изучение резистентности видам ржавчины интрогрессивных линий пшеницы с материалом *Ae. speltoides*, ранее проявивших устойчивость к бурой ржавчине.

Целью работы было изучение устойчивости к стеблевой и бурой ржавчине набора интрогрессивных линий яровой мягкой пшеницы с генами *Ae. speltoides* в Западной Сибири.

Материалом для исследований послужили 15 линий и сортов с известными и не идентифицированными генами устойчивости, перенесенными из *Ae. speltoides*. Идентифицированные гены *Lr28*, *Lr35/sr39* введены в изогенные линии сорта Thatcher (TcLr), *Lr47* присутствует в сорте Pavon. Линии Од были созданы во Всероссийском институте растениеводства (ВИР, г. Санкт-Петербург) [7]. Линии АНК-39А-Е были получены в Институте цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ, г. Новосибирск), а линии Л-500 и Л-501 - в Московском НИИСХ (Немчиновка, Московская обл.) [8]. В качестве стандарта и индикатора восприимчивости был использован сорт яровой мягкой пшеницы Памяти Азиева.

Исследования проводили в полевых условиях на юге Западной Сибири (г. Омск) на интенсивном инфекционном фоне проявления болезней в 2019-2020 гг. Развитие ржавчины

оценивали на взрослых растениях в стадии молочной восковой спелости. Определяли тип реакции (в баллах) по шкалам Майнса-Джексона и Стэкмана-Левина для бурой и стеблевой ржавчины соответственно: 0 – иммунитет, отсутствие спороношения; 1-2 – устойчивость с проявлением реакции сверхчувствительности; 3-4 – восприимчивость. Степень поражения оценивали по шкале Петерсона (в %).

Результаты исследований показали, что в 2019-2020 гг. бурая ржавчина на посевах пшеницы развивалась в значительной, а стеблевая – в сильной степени (поражение индикатора восприимчивости 60-70 % и 70-100 % соответственно) (таблица).

На интенсивном фоне развития болезней было показано, что линия TcLr28 проявила иммунитет или высокую устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине. Ген *Lr47* в сорте Pavon обеспечил высокую устойчивость к бурой ржавчине в 2019 г. и иммунитет в 2020 г, а к стеблевой ржавчине сорт был высоко устойчив (поражение не выше 10 %). Возрастной ген *Lr35* сцеплен с рецессивным *sr39*. В

2019 г. линия TcLr35/sr39 была поражена бурой ржавчиной в средней, а в 2020 г. – в слабой степени, но проявила иммунитет к стеблевой ржавчине.

Среди линий серии Од иммунитет или высокую устойчивость к бурой ржавчине (поражение не выше 10 %) проявили линии Од 35-1, Од 35-89, Од 210-90. К стеблевой ржавчине в 2019 г. линии Од 35-1, Од 35-89, показали устойчивую реакцию (балл 1), а Од 210-90 – слабое поражение (10 %), но в 2020 г. эти линии проявили иммунитет. Линия Од 278-89 в 2019 г. была поражена двумя болезнями, а в 2020 г. проявила устойчивость.

Линии АНК-39 были созданы на основе линий серии Од с помощью беккроссов, поэтому гены устойчивости в них были разделены. Среди набора АНК линии АНК-39А, -39D и -39Е сохраняли высокую устойчивость к двум болезням. В них ранее была определена транслокация с геном устойчивости к бурой ржавчине *LrSp* и гаметоцидным геном *Gc*. Линии Л-500 и Л-501 были устойчивы к бурой ржавчине в 2017 г. [6], но в 2019 г. их устойчивость к двум болезням была преодолена.

Таблица – Развитие ржавчинных болезней на интрогрессивных линиях яровой мягкой пшеницы с генами *Ae. speltoides* в Западной Сибири в 2019-2020 гг.

Table - Development of rust diseases on introgressive lines of spring common wheat with *Ae. speltoides* genes in Western Siberia in 2019-2020

Образцы, гены	Реакция, балл/ степень поражения, %			
	бурая ржавчина		стеблевая ржавчина	
	2019	2020	2019	2020
Памяти Азиева (стандарт)	3/60	4/70	4/100	4/70
TcLr28	0/0	3/5	0/0	0/0
TcLr35/sr39	3/40	4/5	3/40	4/5
Pavon Lr47	3/10	0	4/10	4/1
Од 35-1	0	3/1	1/20	0
Од 35-89	0	0	1/20	0
Од 278-89	3/60	1-2/20	3/70	0
Од 150/90	3/60	4/70	4/100	4/70
Од 210-90	0	0	3/10	0
АНК-39А (<i>LrSp</i>)	3/10	4/1	3/10	0
АНК-39В	3/80	4/60	3/90	4/60
АНК-39С	3/100	4/70	3/100	4/70
АНК-39D (<i>LrSp</i>)	3/10	3/5	1/20	4/10
АНК-39Е (<i>LrSp</i>)	2/10	3/5	1/10	4/5
Л-500	3/60	4.70	3/60	4/70
Л-501	3/60	4/50	4/80	4/50

Следует отметить, что среди изученных генов только *LrSp* был введен в сорта пшеницы Челябинской селекции, а другие гены в региональных сортах отсутствуют [6]. В связи с этим можно сделать вывод о том, что в азиатских популяциях *P. triticina* и *P. graminis* f. sp. *tritici* идут интенсивные микроэволюционные процессы. При этом, независимо от наличия в регионе резистентных сортов, в популяциях накапливаются гены вирулентности к генам устойчивости *Ae. speltoides*. Изменения в популяциях патогенов необходимо учитывать при определении стратегии генетической защиты сортов в Западной Сибири и Северном Казахстане.

Таким образом, проведенные исследования показали, что среди изученных образцов с генами *Ae. speltoides* восемь проявили устойчивость к бурой и стеблевой ржавчине. Устойчивость может быть связана с передачей комплексных транслокаций в них или набора генов устойчивости. Для защиты сортов от ржавчинных болезней перспективно использование в селекции линий TcLr28, Од 35-1, Од 35-89, Од 210-90, АНК-39А, D, E (LrSp), а также сорта Pavon (Lr47).

Библиографические ссылки

1. Evaluation of resistance to wheat stem rust and identification of resistance genes in wheat lines from Heilongjiang province / Lin Q. [et al.]. // Peer Journal. 2021. DOI 10.7717/peerj.10580.
2. Плотникова Л. Я., Сагендыкова А. Т., Кузьмина С. П. Оценка устойчивости к бурой ржавчине и экологической пластичности интрогрессивных линий мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum* // Аграрная Россия. 2016. № 9. С. 5–13.
3. Устойчивость сортов мягкой яровой пшеницы к листостебельным патогенам в Западной Сибири / Россеева Л.П. [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (175). С. 5–11.
4. Плотникова Л. Я., Кузьмина С. П., Фризен Ю. В. Биохимические показатели качества зерна перспективных линий мягкой пшеницы с генами *Agropyron elongatum*, устойчивых к стеблевой ржавчине // Успехи современного естествознания. 2019. № 12. С. 20–26.
5. Мартынов С. П., Добротворская Т. В., Митрофанова О. П. Генеалогический анализ распространения генетического материала эгилопсов (*Aegilops* L.) в сортах мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) // Генетика. 2015. № 51(9). С. 1000–1008. DOI 10.7868/S0016675815090076.
6. Тенденция преодоления генов устойчивости к бурой ржавчине, интрогрессированных от *Aegilops speltoides* Tausch в мягкую пшеницу в Западной Сибири / Плотникова Л. Я. [и др.] // Вавиловский журнал селекции и генетики. 2018. Т. Л. Я.. 22. № 5. С. 550–567.
7. Интрогрессивные линии мягкой пшеницы с устойчивостью к бурой ржавчине, переданной от *Aegilops speltoides*. Исходный материал и проблемы селекции пшеницы и тритикале / Одинцова И. Г. [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 1991. № 142. С. 106–110.
8. Линии мягкой пшеницы с генетическим материалом *Aegilops speltoides* Tausch / Лапочкина И. Ф. [и др.] // Генетика. 1996. № 32(12). С. 1651–1656.